本省水稻田土壤有效矽與其他理化性質之研究[1]

黎 靜 韻[2]

摘要：1.研究之土壤樣本共 413個，選自全省各地。分析項目共七項，其目的在尋求水稻田土壤之有效矽與其他理化性之相關，以說明其應用問題。

2.本省水稻土壤種類及其有效矽之含量見表一，冲積土之表土有效矽之平均值自7.1～29.8mg/100g，以安山岩質冲積土含量較豐，泥岩質者次之，粘板岩質者再次之，砂岩頁岩質者更次之，片岩質者較低，105個表土之總平均值爲 13.3mg/100g 。

3.水稻田土壤之質地與有效矽含量之關係見表二，不論冲積土與紅黃壤之水田，除壤質砂土外，其各種質地土壤均以粘重者其有效矽含量亦高，反之，輕鬆者則相對減低。

4.水稻田土壤之有機質與有效矽含量之關係見表三，表土有機質多在１～３％內，其含量之高低隨有效矽成正相關關係，土壤之反應與土壤之有效矽亦呈正相關關係，見圖一。

5.應用統計方法，求出各種土壤或各地區土壤之有效矽與其他化學性質之複相關，及其迴歸係數見表四及表五，就中以 PH值之正相關最顯著，CEC 之負相關則不顯著。

6.本省水稻田土壤之有效矽含量，多在中等以上，其在 10mg/100g 以下者僅占分析總數１／10，在 4mg/100g以下者占１／80。

前人研究

有關水田土壤之有效矽問題，日本及東南亞學者研究頗多， Kawaguchi 氏研究泰國水田與日本水田有效矽，有下列之結論[4]：（１）水田有效矽含量對其土壤之 CEC 有顯著之相關，（２）有效矽含量低者，均含低之游離鐵、錳與全磷量，（３）一般言之，新冲積土之有效矽較高於老冲積土，（４）有效矽缺乏之土壤，其母質多含高嶺石之粘土礦物。至於日本水田表土之有效矽與水稻上部頂端之含矽量之關係，Kawaguchi氏曾有下表之反應[5]：

效 應 Response	表土有效 SiO_2 (mg/100g) Available SiO_2 in the surface soil, mg. /100g.	水稻頂端之 SiO_2 風乾狀況 SiO_2 content in the top of rice plant, % of air dry basis
常 負 Always negative	13.0	13
正或負 Positive or negative	10.5 — 13.0	11 — 13
常 正 Always positive	10.5	11

本省水稻田缺矽施用鑛滓，稻穀產量獲提高，爲連 深氏之研究試驗[1,2]結果，指出缺矽水田土壤以酸性砂岩頁岩質冲積土及紅壤爲多，有效SiO_2在土壤中含量在 4mg/100g 以下者爲缺矽之臨界點，水稻藁稈中， SiO_2 含量以９％爲臨界點，施用鑛滓 2.5 ton/ha 可有３－７％之增產。在北部酸性砂岩頁岩質冲積土，酸性粘板岩冲積土與紅壤水田，大多數含可溶矽<8 mg/100g, 其中半數少

本研究獲國家科學委員會之研究補助，謹此致謝。

1.試驗報告農試字第七七三號。

2.臺灣省農業試驗所技士。

於6mg/100g. ，中部中性至鹼性水田含有效矽較高，平均爲 17 mg/100g ，最少爲 13 mg/100g。

矽對甘蔗效應，在糖試所報告中，有部份試驗成果[3] ，有效矽在甘蔗土壤中之範圍自 20—300 ppm，其中30%少於 100 ppm。矽含量與 PH及質地有密切相關，在矽含量 <100 ppm時 pH 6.6；粗質地冲積土矽含量低，其次爲細質地及紅壤；鹽漬土有效矽含量高。甘蔗葉之含矽量與土壤中矽含量有密切相關，土壤有效矽 <100 ppm時，甘蔗產量 <90 ton/ha ，施用礦滓於紅土中即增加15%之產量，效果顯著。

研究範圍及目的

本研究之水稻田土壤樣本，依其重要類型，自全省各地選出，計代表剖面 105個，合共表底土樣本 413個，進行各項理化性分析，並統計其關係，目的在尋求稻田土壤之有效矽，與其他土壤理化性質間之相關，以瞭解本省水稻土壤中有效矽之實況，從而闡釋水田矽酸之應用問題。

分析項目及方法

1. 有效矽：pH 4.0 1 N NaAC 液抽出後，用藍鉬法測定[6]。
2. 游離鐵：Barshad氏法[7]。
3. 全磷：Jackson 之定磷第三比色法[8]。
4. CEC：Brown 氏法及Mehlich 氏法[8,9]。
5. 有機質：Walkley-black method[8]。
6. PH：用玻璃電極法（1 ： 1）[8]。
7. 機械成分：浮秤法[10]。

結果及討論

土壤分析之結果，記載於土壤化學室之分析記錄上。茲僅就有關各項討論者列成統計表，或將統計分析結果開列於各表，並說明於下：

1.本省水稻田之種類及其有效矽

本省水稻田土壤多爲冲積土，小部份爲紅黃壤，分佈於台地，凡水源可達之地區亦用作水田。因其母質來源不同，分爲（1）砂岩頁岩質冲積土，（2）粘板岩質冲積土，（3）泥岩質冲積土，（4）片岩質冲積土及（5）安山岩質冲積土，而以砂岩頁岩質冲積土分佈面積較廣，粘板岩冲積土次之，以安山岩質冲積土分佈面積較少。茲將其不同土類或不同母質來源之冲積土各土層之有效矽列如下表：

表一、本省水稻田之種類及其有效矽 (mg/100g)

Table 1. The available SiO_2 of the various paddy soils in Taiwan.

土類 Soil groups	層次 Layer / 母質 Parent materials	表土 Surface soil		亞表土 Sub-surface soil		底土 Sub-Soil		合計 Total	
		樣本數 Sample No.	平均值 Average	樣本數 Sample No.	平均值 Average	樣本數 Sample No.	平均值 Average	樣本數 Sample No.	平均值 Average
冲積土 Alluvial Soils	砂岩頁岩質 Sandstone & Shale	31	11.2	51	21.6	46	28.1	128	21.6
	粘板岩質 Slaty	29	14.8	32	15.7	20	20.6	81	16.8
	泥岩質 Mudstone	5	23.1	10	37.8	14	44.7	29	38.6

	片岩質 Schisty	8	7.1	13	17.9	24	16.9	45	15.5
	安山岩質 Andesite	5	29.8	1	14.9	1	38.7	7	29.0
紅黃壤 Latosols	洪積層 Dilluvial deposite	27	11.1	50	15.5	46	23.7	123	18.0
合計 Total		105	13.3	157	14.3	151	18.5	413	20.5

依水稻田之種類論述其土壤之有效矽，見表一。在冲積土表土中，有效矽平均自 7.1—29.8，範圍較寬，就中因母質來源不同，數值亦異，其含有效矽之多少以其平均值之大小順序爲例，則安山岩質冲積土>泥岩質冲積土>粘板岩質冲積土>砂岩頁岩質冲積土>片岩質冲積土；亞表土之平均值自14.9—37.8，底土之平均值自15.5—38.6，其大小順序爲：泥岩質>安山岩質>砂岩頁岩質>粘板岩質>片岩質。全部冲積土之表土有效矽含量均低，亞表土與底土之有效矽含量較高，以底土多高於亞表土，除安山岩質冲積土以亞表土之有效矽爲最低外，至於紅黃壤亦表土平均較低，爲 11.1 mg/100g，亞表土次之爲15.5 mg/100g，底土則爲23.7 mg/100g，全部123土樣，其總平均值爲18 mg/100g。如不論土類，就分析之全部各層土壤413個之總平均值爲 20.5 mg/100g。就水稻與土壤之有效矽之關係言，最重要者爲表土之含量，則105個土樣之平均值爲13.3 mg/100g，顯示本省稻田土壤之有效矽含量一般而言不虞缺乏，平均在中等以上。

2.本省水稻田土壤之一般性質與有效矽之關係

（1）本省水稻田土壤之質地與有效矽

水稻田土壤之質地與有效矽含量之關係密切，粗質地之冲積土含矽量最低，其次爲細質地及紅土，鹽漬土含矽量最高[3]，本省稻田土壤之質地與含有效矽之實況，分析結果統計如下表。

表二、本省水稻田土壤之質地與有效矽（mg/100g）

Table 2. The available SiO_2 and soil texture of paddy soils in Taiwan

質地名稱 Texture		冲積土 Alluvial soils		紅黃壤 Latosols		合計 Total	
		樣本數 Sample No.	平均值 Average	樣本數 Sample No.	平均值 Average	樣本數 Sample No.	平均值 Average
粘土	Clay	29	30.4	94	18.3	123	21.2
粘質壤土	Clay loam	51	23.2	—	—	51	23.2
坋粘土	Silty Clay	27	20.8	24	17.6	51	19.8
坋質粘壤土	Silty Clay loam	39	19.4	5	13.4	44	19.0
砂質粘壤土	Sandy Clay loam	9	19.1	—	—	9	19.1
坋質壤土	Silty loam	48	19.0	—	—	48	19.0
壤土	loam	53	19.0	—	—	53	19.0
砂質壤土	Sandy loam	28	17.5	—	—	28	17.5
壤質砂土	Loamy sand	5	23.8	—	—	5	23.8
砂土	Sandy	1	6.6	—	—	1	6.6

自上表觀之，水稻田土壤之質地與有效矽之含量關係，不論冲積土與紅黃壤之水稻田土壤

之質地，除壤質砂土爲例外，其他各種質地均以粘重者其有效矽含量高，反之，則隨質地之輕鬆而其有效矽亦相對減低。

（2）本省水稻田土壤之有機質與有效矽含量之關係

自表三知，水稻田土壤之有效矽含量與其土壤有機質含量之關係，一般而言，表土有機質含量較高，鮮有在1％以下，多在1－3％以內，不論冲積土或紅黃壤之水田均以在此範圍以內爲大多數，在第二層或亞表土以下之各層則以＜1％者爲多，冲積土自第二層以下有機質含量低者（＜1％）有效矽含量亦低，反之，有機質含量高者（1－3％）有效矽亦高，惟有機質＞3％以上者則未盡然。就總平均值言，有機質含量愈小者，有效矽含量愈高。至於紅黃壤之統計結果，則自第二層以下至第四層（即底土）均以有機質低者之（＜1％）有效矽量反高，而有機質高者（1－3％）有效矽則低，此爲其特色。

表三、本省水稻田土壤有效矽與有機質含量（mg/100g）

Table 3. The available SiO_2 and the organic matter content of paddy soils in Taiwan

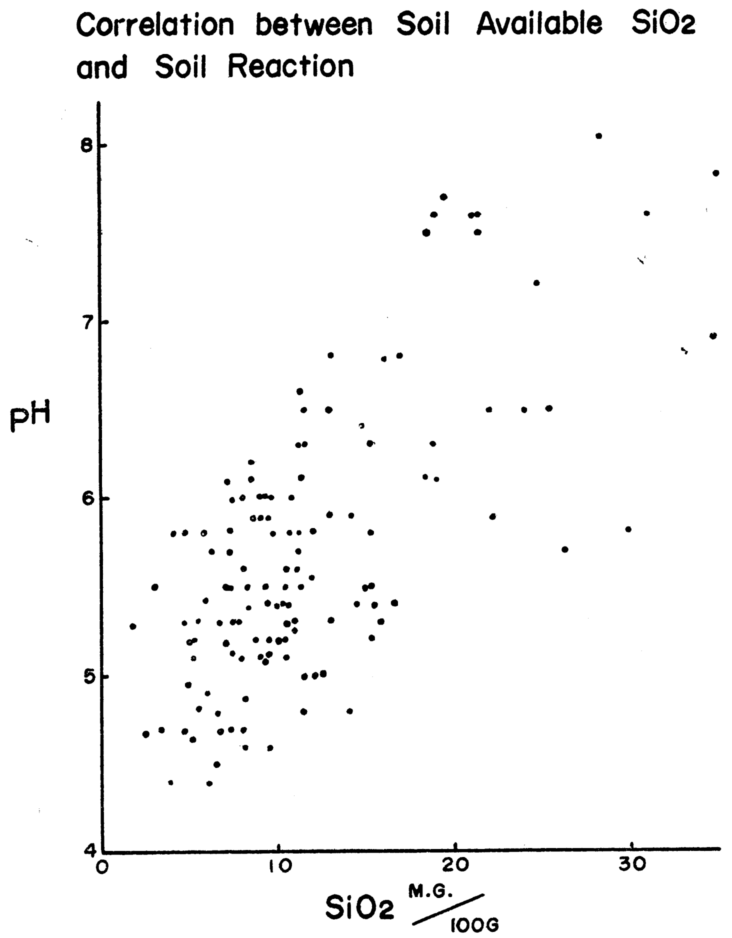
土類 Soil groups	層次 Layer / 有機質% organic matter	1		2		3		4		5		6		7		8			
		S*	A**	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
冲積土 Alluvial Soils	<1		—	29	18.7	34	22.0	26	22.3	23	22.4	17	25.4	6	22.5	2	10.8	137	21.9
	1—3	62	13.2	29	19.2	15	32.5	11	35.6	9	35.0	4	31.7	1	25.4	1	18.5	132	20.7
	>3	16	17.7	3	14.9	2	14.9											21	17.0
紅黃壤 Latosols	<1			11	17.5	21	23.0	23	24.8	9	21.7	4	21.8					68	21.5
	1—3	17	11.0	16	13.0	6	11.3	2	12.5									41	11.5
	>3	10	13.5															1	13.5

*S：樣本數　　**A：有效矽平均值

（3）水稻田土壤之有效矽含量與土壤反應

由圖1觀之，水稻田土壤之有效矽含量與PH值成正相關，簡言之，即水稻田土壤有效矽含量高，則PH值亦高，有效矽含量在5—12.5 mg/100g中則其PH值在4.5—6.0左右，有效矽在12.5—25 mg/100g, PH值則在6.0—7.8間，但安山岩質冲積土則相反，含有效矽高者，PH值反低，此爲例外。

土壤有效SiO_2與土壤反應之相關



（4）本省水稻田土壤有效矽含量與其他化學性質因子之複相關及其迴歸係數

應用統計方法以求證本研究諸多樣本分析結果及其相互間之相關關係，獲得兩項結果：一爲以各種冲積土之有效矽爲主，求出與其他化學性質間之複相關，列於表四；一爲就全省地區別之水田土壤之有效矽求出與其他化學性質之複相關，見於表五，玆分別申述之。

表四、本省各類水稻田土壤之有效矽含量與其他化學性質因子之複相關及其迴歸係數

Table 4. The multiple correlation and regression coefficient between the content of avialable silica and the other chemical property factors of various paddy soils in Taiwan

母質 Parent materials	PH	CEC	游離鐵 Free Fe_2O_3	有機質 Organic matter	P_2O_5	常數 Constant	標準誤差 Standard error	相關係數 Coefficience of correlation	F值 Value	樣本數 Sample No.
砂岩頁岩 Sandstones & Shale	4.5521	−0.1557				−13.4965	±4.6019	0.62	9.13**	31
粘板岩 Slaty	4.1852		−2.9998	−1.5369		− 3.1280	±6.5812	0.57	4.14*	29
洪積層 Dilluvial deposite	4.6605			2.6602		−17.9828	±4.0304	0.53	4.58*	27

註：無相關之因子不予計算　　F*=5%,　　F**=1%

自表四中，顯示砂岩頁岩質及粘板岩質冲積土與紅黃壤水田含有效矽量與PH值均有極顯著之正相關，砂岩頁岩質冲積土之有效矽含量與CEC成負相關，但不顯著，粘板岩質冲積土之有效矽含量與游離鐵，及有機質均有顯著之負相關，而紅黃壤水田土壤之有效矽與有機質亦有顯著之正相關。由其相關係數與F值而言，以砂岩頁岩質冲積土之含有效矽與PH值有極顯著之正相關，從表中所列各項即可計算其迴歸方程。

表五、本省各區水稻田土壤之有效矽含量與其他化學性質因子之複相關及其迴歸係數

Table 5. The multiple correlation and regression coefficient between the content of available silica and the other chemical property factors of paddy soils in different part of Taiwan

區別 Region	PH	CEC	游離鐵 Free Fe_2O_3	有機質 Organic matter	P_2O_5	常數 Constant	標準誤差 Standard error	相關係數 Coefficience of correlation	F值 Value	樣本數 Sample No.
北部		0.7288		2.4126		− 1.5158	±4.8536	0.77	39.92**	57
中部	6.3316	−0.1937				−21.1280	±5.4018	0.80	12.36**	17
南部	7.7524		1.6818			−34.7131	±6.5192	0.75	17.81**	31
東部	5.0556			2.1819		−24.0113	±2.6317	0.87	4.24*	8

註：無相關之因子不予計算　　F*=5%　　F**=1%

自表五，以地區別之，其有效矽含量與其他化學性質之因子之相關，觀其相關係數，以東部、中部較高、北部及南部較低，而F值除東部外，均有極顯著之相關，北部水稻田土壤之有效矽與CEC有機質成正相關，東部、南部及中部之水稻田土壤之有效矽含量與PH值均有極顯著之正相關，而中部水稻田土壤之有效矽與CEC成負相關，南部水稻田土壤之有效矽與游離鐵成正相關，東部水稻田土壤之有效矽與有機質亦為正相關。

討　　論

本省水稻田土壤之有效矽與其他理化性質之相關，列經表並說明如上。惟就有效矽與水稻生育之關係最切者係土壤含有效矽量少於4mg/100g者為對水稻生育之臨界點，前經說明，分析之本省水稻田土壤有效矽含量低於該點者不多。茲就105個土壤剖面，413土樣中選出含量低於10 mg/100g以下之有效矽開列如下：

土號 Soil No.	SiO_2 mg/100g	母質 Parent materials	採集地 Locality	土號 Soil No.	SiO_2 mg/100g	母質 Parent materials	採集地 Locality
7	9.5	砂岩頁岩	臺北三峽柑園	267	1.5	片岩	花蓮壽豐
31	8.3	砂岩頁岩	新竹苗栗頭份	241	3.0	片岩	臺東
36	9.4	砂岩頁岩	新竹橫山	252	1.7	片岩	臺東關山
48	4.8	砂岩頁岩	臺中霧峰	58	8.7	粘板岩	彰化南平
53	8.3	砂岩頁岩	臺中縣草湖	106	5.4	粘板岩	宜蘭
63	5.5	砂岩頁岩	臺中縣頂勝	108	6.0	粘板岩	宜蘭四城
101	5.8	砂岩頁岩	南投中興新村	114	7.8	粘板岩	宜蘭多山
106	5.2	砂岩頁岩	南投營盤	148	8.1	粘板岩	宜蘭多山興和村
111	7.7	砂岩頁岩	嘉義頂六	1	4.9	洪積層	桃園龍潭

123	2.4	砂岩頁岩	臺南縣	8	8.3	洪積層	桃園中壢
98	9.1	砂岩頁岩	高雄改良場	13	7.3	洪積層	桃園中壢
69	8.3	砂岩頁岩	臺中潭子西	6	5.3	洪積層	桃園龍潭
105	8.8	砂岩頁岩	屏東枋寮	20	7.3	洪積層	桃園龍潭
84	7.3	砂岩頁岩	高雄美濃	32	6.4	洪積層	桃園龍潭
87	7.1	砂岩頁岩	高雄美濃	43	4.7	洪積層	桃園龍潭
85	7.5	砂岩頁岩	高雄美濃	56	6.4	洪積層	桃園龍潭
81	8.4	安山岩	臺北淡水	60	8.8	洪積層	桃園龍潭
278	4.7	片岩	花蓮鳳林	193	6.6	洪積層	桃園龍潭
279	4.1	片岩	花蓮鳳林	250	7.6	片岩	臺東池上
280	8.1	片岩	花蓮鳳林	266	0.9	片岩	花蓮壽豐
170	9.0	粘板岩	屏東萬丹	173	7.6	粘板岩	屏東仙公廟
175	6.8	粘板岩	屏東潮州				

就413個土壤中僅有43個有效矽含量<10 mg/100g以下，亦即佔全數土樣約1／10，如以 <4 mg/100g 爲臨界點，則數量更少，僅有 5 個祇占全數1／80，換言之，本省稻田土壤之有效矽之一般含量均相當高，在臨界點以下者僅屬最少數，發見於東部地區之片岩質冲積土。

參考文獻

1.林國謙、連 深、李蘭帝：矽酸對於水稻產量之效應 農業研究 11卷第三期

2.連 深：矽對水稻之效應 農業研究 12卷第三期

3.矽對甘蔗之效應 糖業試驗所報告 36號109頁

4. Kawagushi, K & Kyuma, K. 1969 Lowland rice soils in Thailand. Reports on research in Southeast Asia Natural Science Series N—4 p. 113—117

5. Kawagushi, K. et. al. 1958 A study of available silica in paddy soils. Jour. Sci. Soil & Manure, Japan, Vol. 28, p. 493—496 (in Japanese)

6. Bulletin of National Institute of Agricultural Science, Tokyo, Japan 1959

7. Barshad I. 1962 Soil mineralogy, Mineography, Uni. of Calif. Press

8. M. L. Jackson, 1958 Soil chemical analysis

9. Mehlich, A. 1948 Determination of cation and anion exchange properties of soil. Soil Science 66: 429—445

10. Bouyoucos. G. J. 1936 Direction for making mechanical analysis of Soil hydrometer method, Soil Sci. 42 225—229

STUDY ON THE AVAILABLE SILICA AND THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOILS OF PADDY FIELD IN TAIWAN [1]

Ching-Yuan Lai [2]

Summary

1. 413 soil samples were selected from various location of whole province. 7 items of physico-chemical properties were analyzed. The purpose of this study was to understand the correlation between the available silica and other physico-chemical properties of the paddy soils in order to investigate the application of the available silica.

2. The available silica of the various paddy soils in Taiwan was shown in table 1. The average silica contents of the alluvial surface soils were from 7.1-29.8 mg/100g, showing the decending order of the follows: the andersite alluvial soils>the mudstone alluvial soils>the slate alluvial soils>the sandstone and shale alluvial soils>the schist alluvial soils. The grand average of the 105 surface soils was 13.3 mg/100g.

3. The relationship between the soil texture and the available silica of the paddy soils was shown in table 2. Except for loamy sand, high contents of available silica were associated with heavy texture, irrespective of alluvial soil or paddy latosols.

4. The relation of soil organic matter content and the available silica of paddy soils was shown in table 3. Most of the organic matter content of the surface soils were within the range of 1—3%. It gave positive correlation between the content of the organic matter and the available silica. This was also true for the correlation between pH and the available silica. (see Fig. 1)

5. The multiple correlation and regression coefficient between the content of available silica and the other chemical properties were calculated, based on the different soil types and in different part of Taiwan. It was shown on table 4 and 5. The positive correlation of pH was highly significant and the negative correlation of CEC was insignificant.

6. Most of the available silica contents of the paddy soils in Taiwan were in the medium range, the content less than 10mg/100g occupied 1/10 of the whole samples and content less than 4 mg/100g occupied 1/80.

---

1. Serial No. 773

2. Soil Specialist, TARI, Republic of China